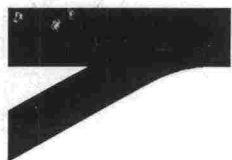


2004 0702



Tielaitos

Palvelutasomittareiden ja Roadmaster-laitteiden kalibrointimittaukset 1997



Helsinki,
heinäkuu 1997

Liikenne- ja
tiestötiedot

08 TIEL / PAL / PAL

TIIVISTELMÄ

Tielaitoksessa käytetään palvelutasomittareita urien ja tasaisuuden sekä Roadmaster ja Roadman-laitteita teiden tasaisuuden mittaamiseen. Nämä laitteet on rakennettu teknisesti siten, että niiden antamat tulokset ovat keskenään yhteismitallisia.

Tielaitoksen järjestelmien ja tiedon laadun laitosyhtenäisyys vaatii käytettävien laitteiden säännöllistä seuranta. Tämän varmistamiseksi on mittausautojen keskinäistä toimivuutta testattu jokavuotisilla kalibrointipäivillä vuodesta 1989 lähtien.

Tielaitoksen käytössä on 4 omaa palvelutasomittaria: Uusimaa-Turku, Häme-Vaasa, Oulu ja Lappi sekä VTT:n laite. Tutkimusta varten mitattiin 14-15.5.1997 noin 90 kilometrin reitti päällystettyjä teitä kahteen kertaan sekä lisäksi lyhyt osuus (4.5 km) uutta päällystettyä. Osa reitistä ja kaksi soratietä mitattiin myös kahdella Roadman-mittarilla (Lappi ja Hti) sekä neljällä Roadmasterilla (Kaakkois-Suomi, Keski-Suomi, Savo-Karjala ja AL-Engineering Oy).

Tutkimuksen tavoiteena oli tutkia laitteiden mittausten toistettavuutta sekä tulosten vertailtavuutta. Tutkimuksen tulokset voidaan tiivistää seuraavasti:

- tasaisuuden mittauksessa ei ole ongelmia
- Lapin, Oulun ja VTT:n autot ovat kunnossa
- Hämeen-Vaasan ja Uudenmaan-Turun palvelutasomittarit mittasivat virheellisesti uria ja autot on testattava ennen mittauksia. Testien jälkeen VTT:n on vastattava, ovatko autot mittauskunnossa.
- mittausten toistettavuudessa ei ole ongelmia

Tulosten perusteella on selvää, että PTM-autojen huolto ja kalibrointi tulee saattaa kokonaisuudessaan laatu järjestelmän alaiseksi. Jatkossa PTM-autot on vuosittain testattava sekä staattisella että dynaamisella testillä VTT:llä. Lisäksi VTT:n on tehtävä autoille testiajot keväällä ennen mittauskauden alkua.

ALKUSANAT

Tielaitoksessa on käytetty palvelutasomittareita ja Roadmaster/Roadman-laitteita teiden pintakunnon mittaamiseen jo vuodesta 1987 alkaen. Tämän järjestyksessään yhdeksännen vertailututkimuksen tavoitteena on selvittää näiden laitteiden antamien tulosten luotettavuutta.

Työ on koostunut kolmesta eri vaiheesta: suunnittelu, mittaus ja tulosten analysointi. Tutkimuksen tekoon ovat osallistuneet tielaitoksen liikenne- ja tiestötiedot -yksiköstä dipl.ins. Ismo Iso-Heiniemi (järjestelyt), dipl. ins. Reijo Prokkola ja tekn.yo. Mikko Vidgren (tulosten käsittely), ja Inframan Oy:stä fil.maist. Vesa Männistö (reitin suunnittelu, tulosten analysointi ja raportointi) ja fil.tri Antti Kanto (tilastolliset analyysit).

Vertailumittaukset ovat muodostuneet vuosittaiseksi perinteeksi. Tämä on hyvin nähtävissä mittauspäivien sujuvasta etenemisestä. Tutkimuksen tekijät haluavatkin jälleen kiittää kaikkia osallistujia innostuneesta ja erinomaisesta yhteistyöstä.

PALVELUTASOMITTAREIDEN VERTAILUTUTKIMUS 1997**SISÄLLYSLUETTELO**

1. JOHDANTO JA TUTKIMUSONGELMA	5
2. MITTAUSTEN VALMISTELU JA SUORITUS.....	7
3. TUTKIMUSAINEISTO	10
4. URA- JA TASAISUUSMITTAUSTEN TOISTETTAVUUS.....	11
5. MITTAUSTEN VERTAILTAVUUS	14
6. UUDEN PÄÄLLYSTEEN LAADUNVALVONTA	21
7. PÄÄTELMÄT.....	23
LIITTEET	25

1. JOHDANTO JA TUTKIMUSONGELMA

Päällystettyjen teiden uria ja tasaisuutta mitataan palvelutasomittareilla (PTM). Tielaitoksen käytössä on 4 omaa ja yksi VTT:n eri aikoina valmistettua samantyyppistä palvelutasomittaria, jotka perustuvat ultraääni- ja lasertekniikkaan. Autot ovat sijoittuneet eri puolille maata seuraavasti:

Auto T	Turun ja Uudenmaan piiri
Auto H	Hämeen ja Vaasan piiri
Auto V	VTT:n auto, Espoo
Auto O	Oulun piiri
Auto L	Lapin piiri

Vertailuissa oli mukana myös neljä Roadmaster-mittaria (Kaakkois-Suomi, Keski-Suomi, Savo-Karjala ja AL-Engineering) sekä kaksi Roadman-mittaria (Lappi, Hti).

Kaikki palvelutasomittarit on pyritty rakentamaan ja kalibroimaan siten, että ne mittaisivat yhtä luotettavasti ja samalla asteikolla yhteisesti määriteltäviä päällystetyillä teillä käytettyjä kuntomuuttujia. Roadmaster-laitteet pyritään myös kalibroimaan niin, että ne mittaavat tasaisuutta samoin kuin PTM-auto. Tämän tutkimuksen kannalta tärkeitä muuttujia ovat:

nimi (yksikkö)	lyhenne	käyttö
Urasyyvyys (mm)	URA	vilkasliikenteiset tiet, vain PTM
Tasaisuus (mm/m)	IRI	kaikki päällysteet
Tasaisuus (< 4 m) (mm/m)	IRI4	vain uudet päällysteet, vain PTM
Megakarkeus	MEGA	vain uudet päällysteet, vain PTM

Edellisiin vertailututkimuksiin ovat osallistuneet VTT:n auto ja yksi ruotsalaisen RST-Swedenin auto (1989); autot H, V, T ja L (1990), autot H, V, T, L ja O (1991-97), sekä eri määrä Roadman- ja Roadmaster-laitteita vuodesta 1992 lähtien. Näissä tutkimuksissa havaittiin, että sekä mittausten toistettavuudessa että absoluuttisissa tuloksissa on pieniä eroja. Saatujen tulosten pohjalta ja uusien autojen rakentamisen jälkeen on käynyt selväksi, että saatavien tulosten yhteismittailisuus ei ole itsestään selvää vaan sitä pitää edelleen tarkkailla säännöllisesti vertailumittausten muodossa. Lisäksi on myös huomioitava, että autot ovat erikäisiä, niiden tekniikka vanhenee ja saattaa näin aiheuttaa ongelmia.

Tutkittavat osaongelmat ovat seuraavat:

1. mittausten toistettavuus
2. tulosten vertailtavuus autojen välillä
3. Roadmastereiden tulosten vertailu
4. uusien päällysteiden laadunvalvonnassa käytettävät muuttujat

Osaongelmat 1-4 tutkitaan tämän raportin kappaleissa 4-6. Esityksen toisessa luvussa kerrotaan vertailumittauksiin liittyvistä yleisistä asioista, kolmannessa luvussa esitellään tutkimusaineisto ja viimeisessä luvussa esitetään tuloksista tehtävät päätelmät sekä tarvittavat jatkotoimenpiteet.

2. MITTAUSTEN VALMISTELU JA SUORITUS

Vertailumittausten tavoitteena on tutkia mittauslaitteiden käyttäytymistä normaalissa työssä. Tämän takia näiden vertailumittausten käytännön suorituksessa pyrittiin aiempaan tapaan työskentelemään mahdollisimman paljon tuotantomittausten luonteisesti, jolloin kaikki mittausryhmät työskentelevät täysin itsenäisesti.

Reittiin valittiin vaihtelevan kuntoisia, urautuneita ja/tai epätasaisia päällystettyjä teitä. Mittaukset tehtiin valituilla teillä osin kumpaankin suuntaan siirtoajojen minimoimiseksi. Taulukoissa 2.1 ja 2.2 ovat tutkittavien muuttujien keskiarvot teittäin laskettuna.

Autojen tarvitsemat tekniset kalibroinnit oli pyydetty tehtäväksi ennen vertailumittauksia hyvissä olosuhteissa. Näiden toimenpiteiden jälkeen autot oli teknisesti asetettu mahdollisimman hyvin samalle tasolle. Sää mittauspäivien aikana pysyi poutaisena, joten säättekijöiden vaikutusta ei tarvitse huomioida.

Taulukko 2.1 Urasyvyyden keskiarvot teittäin.

PTM-mittareiden urakeskiarvot						
Tie/osa/ suunta	Pituus	Häme- Vaasa	Lappi	Oulu	Uusimaa- Turku	VTT
3/131/1	6900	9,94	10,88	10,65	12,45	10,14
3/132/1	6100	10,82	11,74	11,83	13,08	11,41
3/133/1	2000	7,19	8,06	8,50	10,27	8,43
9/125/2	4900	9,58	11,30	10,25	12,49	10,09
9/126/2	4800	15,37	17,19	16,80	19,93	16,94
9/127/2	5100	13,83	14,58	14,23	16,93	14,63
306/2/1	4900	13,95	15,02	13,97	15,94	14,25
306/2/2	4900	13,37	15,06	13,25	15,39	14,33
307/1/1	5300	4,02	5,83	4,62	7,94	6,00
307/1/2	5500	4,07	5,98	5,06	7,92	6,44
307/2/1	4900	1,27	3,67	2,35	6,39	3,93
307/2/2	4800	1,32	4,11	2,86	6,64	5,20
2851/1/1	7000	0,22	1,90	1,37	4,38	1,94
13738/1/1	4000	-1,56	-1,00	-1,67	0,41	1,59
13738/1/2	4800	-1,77	0,12	-0,62	2,15	1,01

Taulukko 2.2. Tasaisuuden keskiarvot teittäin.

PTM-mittareiden IRI-keskiarvot						
Tie/osa/ suunta	Pituus	Häme- Vaasa	Lappi	Oulu	Uusimaa- Turku	VTT
3/131/1	6900	1,20	1,18	1,22	1,24	1,27
3/132/1	6100	1,11	1,12	1,14	1,17	1,20
3/133/1	2000	1,35	1,36	1,39	1,34	1,36
9/125/2	4900	1,06	1,07	1,05	1,09	1,12
9/126/2	4800	1,22	1,23	1,21	1,26	1,27
9/127/2	5100	1,04	1,00	1,02	1,12	1,11
306/2/1	4900	2,51	2,37	2,62	2,39	2,51
306/2/2	4900	2,35	2,38	2,47	2,37	2,59
307/1/1	5300	2,99	2,96	3,11	2,79	3,25
307/1/2	5500	2,85	2,88	2,92	2,73	2,91
307/2/1	4900	3,03	2,97	3,15	2,86	3,10
307/2/2	4800	3,15	3,15	3,36	2,81	3,28
2851/1/1	7000	2,03	2,01	2,07	2,00	2,21
13738/1/1	4000	4,42	4,33	4,35	4,06	4,92
13738/1/2	4800	3,87	3,91	3,97	3,68	3,86

Ennen tulosten analysointia Roadmaster-mittarit kalibroitiin kaavoilla, jotka toimitti AL-Engineering Oy. Kalibroidut keskiarvot ovat taulukossa 2.3.

Taulukko 2.3. Roadmaster ja Roadman- mittareiden tasaisuuskeskiarvot

Roadmaster/Roadman –mittareiden kalibroidut IRI-keskiarvot (*=yksi mittaus)							
		Roadmaster-mittari				Roadman-mittari	
Tie/osa/ suunta	Pituus	AL-Engi- neering	Kaakkois- Suomi	Keski- Suomi	Savo- Karjala	Hti	Lappi
3/131/1	6900	*1,30	1,30	*1,30	1,25		
306/2/1	4900	2,48	2,49	2,57	2,53	2,45	*2,48
306/2/2	4900	*2,45	2,65	2,74	2,57	2,50	2,46
307/1/1	5300	2,97	2,91	3,03	2,88	3,09	2,98
307/1/2	5500	*3,04	2,89	2,98	2,84	2,86	3,09
307/2/1	4900	*3,33	3,11	3,92	3,94	3,17	*3,18
307/2/2	4800	*3,40	3,02	3,57	3,92	3,23	3,33
2851/1/1	7000	2,15	2,43	2,42	*2,37	2,15	2,14
13738/1/1	4000	4,48	4,85	4,66	4,39	4,26	4,37
13738/1/2	4800	*4,03	3,81	3,78		3,96	3,99
13741/1/1	5400	3,52	3,53	3,69	4,42	3,11	2,97
13741/2/1	4100	4,68	5,47	5,32	5,91	4,29	4,34
13757/1/1	7600	3,44	3,37	3,48	3,72	3,18	3,26
13757/1/2	6500	*3,53	3,63	3,72		3,50	3,45
13773/1/1	5300	3,84	4,77	*5,28	5,08	3,83	3,88

3. TUTKIMUSAINEISTO

Alkuperäisen mittausaineiston pituus oli perusreitillä osalta PTM-autoilla noin 90 kilometriä ja Roadmastereilla noin 88 kilometriä. Aineistosta poistettiin ennen analyysijä seuraavat havainnot:

- puutteelliset 100 metrin osuudet (yksi tai useampi PTM-auto ei ollut mitannut)
- alle 100 metrin osuudet
- tieosan ensimmäinen 100 metrin osuus
- $IRI > 20.0$

Tämän jälkeen saatiin analysoitavaan aineistoon 75,9 kilometriä, joilta oli täydelliset tiedot ensimmäiseltä kierrokselta. Alustavan analyysin perusteella päätettiin, että toisena päivänä Roadmaster ja Roadman -mittareilla voidaan mitata lyhyempi kierros, sillä tasaisuudessa ei havaittu ongelmia. Yhteensä jäljelle jäi toiselta päivältä 62,6 kilometriä.

4. URA- JA TASAISUUSMITTAUSTEN TOISTETTAVUUS

Kun autojen tekniikka on kunnossa ja miehistö työskentelee huolellisesti, autojen tulisi tuottaa samoilla osuuksilla tapahtuvissa peräkkäisissä mittauksissa samankaltaisia tuloksia. Toistettavuutta tutkittiin laskemalla kahden peräkkäisen mittauksen välinen korrelaatio kullekin autolle. Lisäksi laskettiin mittausten absoluuttisen eron (suurempi mittaustulos – pienempi mittaustulos) keskiarvo autoittain.

Seuraavissa korrelaatioissa ei ole puututtu autojen kalibroinnista riippuviin vakiotyyppisiin tasoeroihin. Taulukossa 4.1 on esitetty kahden peräkkäisen mittauksen väliset korrelaatiot kullakin PTM-autolla tarkasteltavien muuttujien osalta, erikseen pääteillä ja muilla teillä.

Taulukko 4.1: Korrelaatiot PTM-mittausten välillä autoittain ja teittäin. Muista poikkeavat korrelaatiot on lihavoitu.

Tiet 3 ja 9:

	Häme- Vaasa	Lappi	Oulu	Uusimaa -Turku	VTT
URA	0.96	0.94	0.84	0.93	0.93
IRI	0.91	0.97	0.95	0.79	0.16

Muut tiet:

	Häme- Vaasa	Lappi	Oulu	Uusimaa -Turku	VTT
URA	0.93	0.85	0.87	0.90	0.93
IRI	0.95	0.88	0.91	0.94	0.40

Ylläolevista korrelaatioista nähdään selvästi, että VTT:n auton IRI-mittausten toistettavuus on ollut erittäin heikko. Tarkempi analyysi viittaa siihen, että mittarin jälkimmäinen mitta on jostain syystä epäonnistunut ja antanut huomattavasti muista poikkeavia, pääsääntöisesti suurempia arvoja. Asiaa käsitellään tarkemmin luvussa 5.

Ylläolevissa korrelaatioista nähdään, että PTM-mittausten toistettavuus on suurimmassa osassa mittauksia erinomainen (yli 0.9).

Urien suhteen tutkittiin myös mittareiden välisiä absoluuttisia eroja, jotka on kerätty taulukkoon 4.2.

Taulukko 4.2. PTM-mittareiden uramittausten absoluuttiset erot. Tilastollisesti merkitsevästi muista poikkeavat lihavoitu.

Mittari	Päätiet (29,8 km)	Muut tiet (46,1 km)
Oulu	1.38	2.30
Uusimaa-Turku	1.01	1.83
VTT	0.98	1.59
Lappi	0.96	2.50
Häme-Vaasa	0.75	1.82

Alemmalla tieverkolla toistettavuudessa ei ole merkitsevää eroa. Pääteillä Häme-Vaasa -mittarin toistettavuus on selvästi paras. Oulun mittarin muita heikompi toistettavuus pääteillä on tilastollisesti merkitsevä, joka vahvistaa korrelaatioista tehtyjä päätelmiä.

Taulukossa 4.3 on esitetty kahden peräkkäisen IRI-mittauksen väliset korrelaatiot niillä Roadman- ja Roadmaster-mittareilla, joilla on mitattu samoja tieosuuksia useamman kerran.

Taulukko 4.3: Korrelaatiot kalibroitujen Roadmaster ja Roadman -mittausten välillä autoittain ja teittäin. Muista poikkeavat lihavoitu.

	AL-Engineering	Kaakkois-Suomi	Keski-Suomi	Savo-Karjala	Hti	Lappi
IRI	0.93	0.88	0.74	0.79	0.91	0.86

Korrelaatiot mittausten välillä olivat AL-Engineering ja Hti -mittareilla erinomaiset, Kaakkois-Suomi ja Lappi hyvät. Sen sijaan Keski-Suomen ja Savo-Karjalan autoilla korrelaatio oli ainoastaan tyydyttävä.

Mittausten absoluuttisia eroja tutkittiin aineistolla, jossa on mahdollisimman monelta autolta mittaustulokset. Näin päädyttiin reittiin, jonka pituus on 54,8 km. Vertailun vuoksi mukaan laskettiin myös PTM-mittareille vastaavat arvot. Tulokset ovat taulukossa 4.4.

Taulukko 4.4. PTM -mittareiden sekä Roadman ja Roadmaster -mittareiden tasaisuusmittausten absoluuttiset erot kestopäälysteteillä. Tilastollisesti merkitsevästi muista poikkeavat lihavoitu.

Mittari	Tyyppi	Pituus (km)	Absoluuttinen ero
Savo-Karjala	Roadmaster	41,5	0,64
Keski-Suomi	Roadmaster	54,8	0,62
Lappi	Roadman	45,4	0,47
Kaakkois-Suomi	Roadmaster	54,8	0,44
Hti	Roadman	54,8	0,38
Al-Engineering	Roadmaster	22,0	0,35
VTT	PTM	54,8	0,38
Lappi	PTM	54,8	0,30
Häme-Vaasa	PTM	54,8	0,29
Oulu	PTM	54,8	0,23
Uusimaa-Turku	PTM	54,8	0,22

PTM -mittareiden toistettavuus on parempi kuin Roadmaster tai Roadman -mittareiden. Erityisesti Savo-Karjala ja Keski-Suomi -mittareiden toistettavuus on muita heikompi. Roadmaster- ja Roadman-laitteiden luonteen, tekniikan ja käyttötarkoituksen huomioiden mittareiden toistettavuus on kuitenkin aivan riittävä tuotantomittauksia varten.

5. MITTAUSTEN VERTAILTAVUUS

Palvelutasomittareiden välisiä eroja tutkittiin kummankin päivän perusreitistä saadulla aineistolla. Menetelmänä käytettiin varianssianalyysiä, jolla tutkittiin auton vaikutusta mittaustulokseen. Aineisto käsitellään kahdessa osassa: päätiet 3 ja 9 omana aineistonaan ja muut tiet omanaan. Uratulokset ovat taulukossa 5.1 ja vastaavat tasaisuustulokset taulukossa 5.2.

Taulukko 5.1. PTM-mittarien uramittausten keskiarvot koko reitillä. Tilastollisesti merkitsevästi muista poikkeavat lihavoitu.

Mittari	Toisto	Päätiet (29,8 km)	Muut tiet (46,1 km)
Uusimaa-Turku	1	14,39	7,92
	2	14,44	7,06
Lappi	1	12,81	5,56
	2	12,37	5,62
Oulu	1	12,22	4,62
	2	12,35	4,54
VTT	1	12,26	6,14
	2	12,03	5,75
Häme-Vaasa	1	11,44	3,70
	2	11,41	3,98

Taulukon 5.1. perusteella voidaan tehdä seuraavia päätelmiä urien mittauksesta:

Urien mittauksessa oli selkeästi ongelmia. Lapin, Oulun ja VTT:n autot eivät pääteillä eronneet toisistaan. Häme-Vaasa -auto erosi muista alaspäin ja Uusimaa-Turku -auto ylöspäin.

Häme-Vaasa -auton mittaustulokset olivat muita alhaisempia. Pääteillä ero oli kaikkiin muihin autoihin verrattuna tilastollisesti merkitsevä, alemmalla tieverkolla muihin paitsi Oulun autoon verrattuna tilastollisesti merkitsevä. Alemmalla tieverkolla ero johtuu osaksi negatiivisen uramuodon suuresta määrästä. Pääteillä negatiivinen uramuoto ei aiheuttanut suurempia ongelmia. Kuten aiemmin on todettu, auton mittausten toistettavuus on kuitenkin hyvä. Koska tulokset osoittavat systemaattisesti samansuuntaisen eron, auto lähetettiin VTT:lle jatkotoimenpiteitä varten.

Uusimaa-Turku -auto antoi systemaattisesti muita suurempia arvoja sekä pääteillä että alemmalla tieverkolla muita korkeampia arvoja. Myös tämä auto lähetettiin VTT:lle jatkotoimenpiteitä varten.

Taulukko 5.2. PTM-mittareiden tasaisuusmittausten keskiarvot koko reitillä. Tilastollisesti merkitsevästi muista poikkeavat lihavoitu.

Mittari	Toisto	Päätiet (29,8 km)	Muut tiet (46,1 km)
Uusimaa-Turku	1	1,19	2,78
	2	1,19	2,79
Lappi	1	1,14	2,95
	2	1,14	2,89
Oulu	1	1,16	3,05
	2	1,15	3,02
VTT	1	1,12	2,97
	2	1,31	3,23
Häme-Vaasa	1	1,15	2,98
	2	1,14	2,92

Taulukon 5.2. perusteella voidaan tehdä seuraavia päätelmiä tasaisuuden mittauksesta:

Aikaisempina vuosina tehdyissä vertailumittauksissa ei IRI ole osoittautunut ongelmaksi. Tälläkään kerralla mitään eroja ei löydetty, paitsi että VTT:n mittarin jälkimmäinen mittaustulos on jostain syystä merkitsevästi muita korkeampi. Aiemmin huomattiin, että mittausten toistettavuus VTT:n autolla on myös huono. Tämä VTT:n toisen mittauksen epäonnistuminen voidaan katsoa satunnaiseksi tapahtumaksi.

Roadmaster ja Roadman -mittareita vertailtiin reitillä (54,8 km), jolta oli saatavilla molemmat mittaustulokset mahdollisimman monille autoille. Puuttellisiksi jäivät AL-Engineering -mittarin ensimmäinen mittaus (22,0 km), Lapin toinen mittaus (45,4 km) ja Savo-Karjalan ensimmäinen mittaus (41,5 km). Näiltä osin tulokset ovat ainoastaan suuntaa antavia. Tulokset ovat taulukossa 5.3.

Taulukko 5.3. Roadmaster ja Roadman -mittareiden tasaisuusmittausten keskiarvot kestopäällysteteillä Tilastollisesti merkitsevästi muista poikkeavat lihavoitu.

Mittari	Toisto	IRI
AL-Engineering	1	2.85
	2	3.10
Kaakkois-Suomi	1	3.09
	2	3.01
Lappi (Rdm)	1	3,05
	2	3,08
Hti	1	3,03
	2	2,97
Savo-Karjala	1	3,02
	2	2,85
Keski-Suomi	1	2,98
	2	2,94
VTT	1	2,96
	2	3,14
Oulu	1	3,03
	2	2,99
Häme-Vaasa	1	2,96
	2	2,89
Lappi (PTM)	1	2,92
	2	2,86
Uusimaa-Turku	1	2,77
	2	2,76

Taulukon 5.3. perusteella voidaan tehdä seuraavia päätelmiä IRI:n mittauksesta:

Suurimmalla osalla Roadmaster ja Roadman -mittareiden kalibroidut tulokset eivät eroa PTM-mittareiden tuloksista, poikkeuksena toinen AL-Engineering ja toinen Kaakkois-Suomen mittaustulos, jotka ovat lievästi muita suurempia.

Soratiemittauksia tehtiin Roadmaster ja Roadman -mittareilla kaikkiaan 28,9 km. Lopulliseen aineistoon hyväksyttiin vain ne, joista oli kaksi mittaustulosta kaikilta autoilta, jolloin aineistoa oli 16,5 km.

Taulukko 5.4. Roadmaster ja Roadman -mittareiden tasaisuusmittausten keskiarvot sorateilla. Tilastollisesti merkitsevästi muista poikkeavat lihavoitu.

Mittari	Toisto	IRI
Savo-Karjala	1	4,59
	2	4,50
Keski-Suomi	1	4,11
	2	4,00
Kaakkois-Suomi	1	4,03
	2	3,96
AL-Engineering	1	3,65
	2	3,95
Lappi	1	3,48
	2	3,50
Hti	1	3,46
	2	3,51

Sorateilla mittauksissa oli enemmän vaihtelua kuin kestopäällysteteillä. Savo-Karjalan mittarin tulokset olivat keskimääräistä korkeampia ja Lapin sekä Keski-Suomen tulokset keskimääräistä alhaisempia

Taulukko 5.5. Roadman ja Roadmaster -mittareiden tasaisuusmittausten absoluuttiset erot sorateilla. Tilastollisesti merkitsevästi muista poikkeavat lihavoitu.

Mittari	Tyyppi	Absoluuttinen ero
Kaakkois-Suomi	Roadmaster	0,72
Savo-Karjala	Roadmaster	0,59
AL-Engineering	Roadmaster	0,57
Lappi	Roadman	0,54
Keski-Suomi	Roadmaster	0,45
Hti	Roadman	0,34

Kaikkilla autoilla soratiemittausten toistettavuus oli samaa suuruusluokkaa lukuunottamatta Kaakkois-Suomen autoa, jonka toistettavuus oli jonkin verran muita heikompi. Toistettavuus on kuitenkin aivan riittävä soratiemittauksissa.

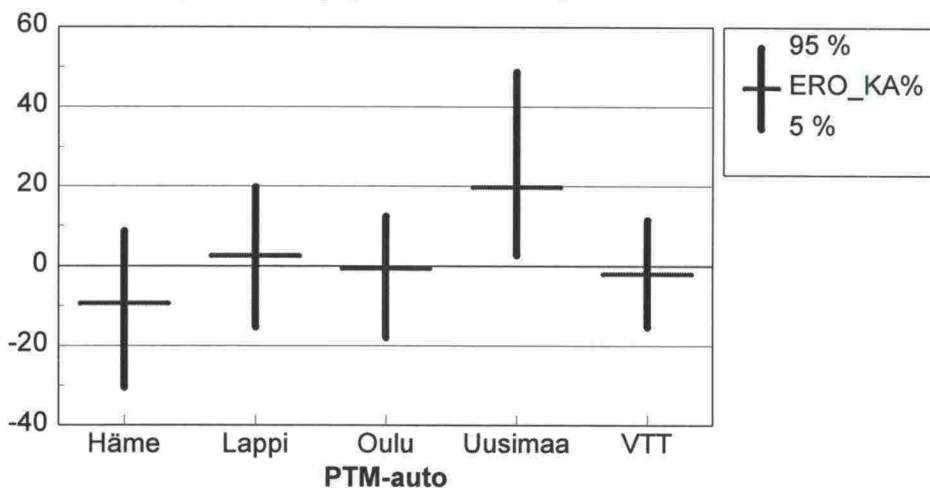
PTM-laitteiden laatuvertailu

Mittausten laatua kuvataan tunnusluvulla, joka saadaan laskemalla kahden mittauksen tulosten prosentuaalinen poikkeama "oikeasta" tuloksesta. Uramittauksissa oikeana arvona on käytetty kunnossa olevien kolmen mittarin (Lappi, Oulu ja VTT) kaikkien mittausten keskiarvoa. Tasaisuusmittauksissa oikeana arvona on käytetty kaikkien mittausten keskiarvoa.

PTM-autojen uramittausten laatu

Autojen poikkeamat keskiarvosta

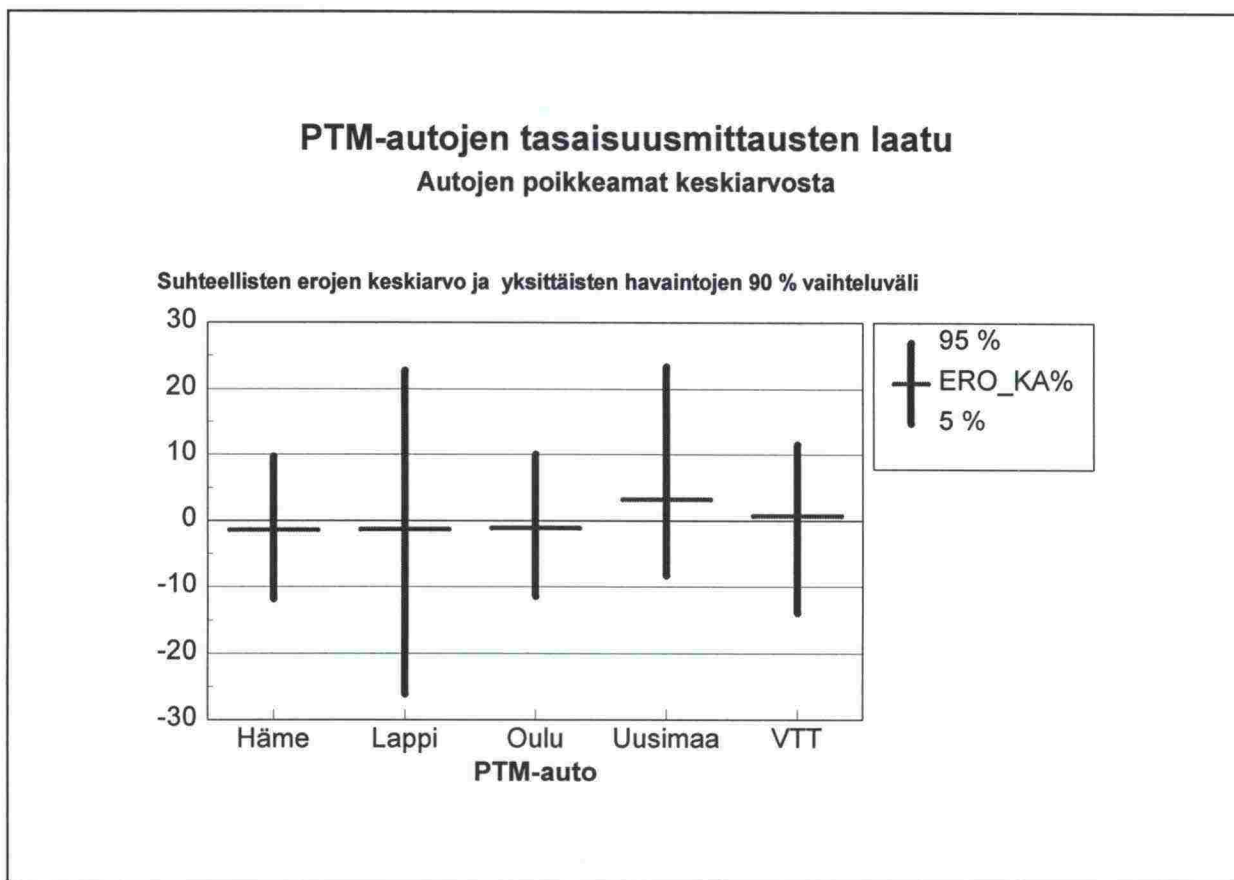
Suhteellisten erojen keskiarvo ja yksittäisten havaintojen 90 % vaihteluväli



Kuvio 5.1. PTM-autojen uramittausten laatu

Kuviosta 5.1 näkyy selkeästi Häme-Vaasa ja Uusimaa-Turku -mittareiden poikkeuksellinen käyttäytyminen. Jälkimmäisellä yli 95 % mittaustuloksista on suurempia kuin kolmen toimivan auton keskiarvo. Vastaavaa, joskin lievempää käyttäytymistä näkyy Häme-Vaasa -mittarilla.

Näiden tulosten perusteella mittareille Lappi, Oulu ja VTT voidaan antaa uramittausten laatusertifikaatti mittauskaudelle 1997.



Kuvio 5.1. PTM-autojen uramittausten laatu

Lapin tasaisuusmittarin vaihteluväli on selvästi muita autoja suurempi. Uusimaa-Turku antaa usein keskiarvoa suurempia arvoja. Hämeen ja Oulun autojen mittausten laatu on erinomainen.

Näiden tulosten perusteella kaikille PTM-mittareille voidaan antaa tasaisuusmittausten laatusertifikaatti mittauskaudelle 1997.

6. UUDEN PÄÄLLYSTEEN LAADUNVALVONTA

Uusien päällysteiden laadunvalvonnassa käytetään lyhyiden aallonpituuksien tasaisuutta (IRI4), megakarkeutta sekä alku-uraa. Edellisten vuosien vertailussa ei ole havaittu merkitseviä eroja lukuunottamatta vuotta 1993, jolloin eroa syntyi teknisten vikojen takia.

Tutkimusaineistoksi valittiin tien 3 tieosat 131, 132 ja 133, jotka mitattiin kaikilla viidellä PTM-autolla kahteen kertaan. Ensimmäisellä kierroksella käytettiin ohjelmiston vanhaa versiota (KUNTO), minkä johdosta ei IRI4:stä ole kuin yksi mitta (jälkimmäiseltä kierrokselta). Laadultaan nämä osuudet ovat urautunutta, osin urapaikattua, mutta kuitenkin kohtuullisen tasaista asfalttipäällystettä.

Taulukko 6.1 Laatumittausten keskiarvot autoittain. Tilastollisesti merkitsevästi muista poikkeavat lihavoitu.

Mittari	Kerta	Ura	IRI	IRI4	Mega
Uusimaa-Turku	1	12,38	1,20		0,43
	2	12,47	1,25	0.88	0,65
Oulu	1	10,61	1,22		0,36
	2	11,11	1,21	0.79	0,43
VTT	1	10,48	1,18		0,35
	2	10,39	1,20	0.77	0,36
Lappi	1	11,05	1,18		0,38
	2	10,67	1,17	0.77	0,43
Häme-Vaasa	1	9,96	1,18		0,37
	2	9,92	1,18	0.75	0,43

Taulukon 6.1. perusteella voidaan tehdä seuraavia päätelmiä:

Uramittauksissa LAATU-ohjelmalla jälleen Uusimaa-Turku -mittarin mittaustulokset ovat merkitsevästi muita suurempia ja Häme-Vaasa -mittarin muita pienempiä. Muissa mittauksissa ei ole suuria ongelmia, joskin Uusimaa-Turku -mittarin IRI4 -mittaukset ovat merkitsevästi muita suurempia.

Taulukko 6.2. Laatumittausten korrelaatiot autoittain. Tilastollisesti merkitsevästi muista poikkeavat lihavoitu.

	Häme- Vaasa	Lappi	Oulu	Uusimaa- Turku	VTT
URA	0,94	0,91	0,80	0,84	0,87
IRI	0,96	0,96	0,89	0,86	0,92
MEGA	0,69	0,83	0,46	0,66	0,80

Ura- ja IRI-mittausten toistettavuus on kaikilla mittareilla vähintäänkin hyvä. Megakarkeuden mittausten toistettavuus sen sijaan on ainoastaan Lapin ja VTT:n mittareilla hyvä. Tämän vuoksi megakarkeuden mittausta tulisi tutkia tarkemmin ennenkuin lopullisia johtopäätöksiä tämän suureen käytettävyydestä tehdään.

Yhteenvetona voidaan todeta, että LAATU-mittaukset ovat tuotantokunnossa Oulun, Lapin ja VTT:n PTM-autoilla. Häme-Vaasa ja Uusimaa-Turku -uramittarit mittaavat muista poikkeavasti. Megakarkeuden toistettavuus on heikko mittareilla Häme-Vaasa, Oulu ja Uusimaa-Turku.

7. PÄÄTELMÄT

Tässä raportissa on kuvattu järjestyksessään yhdeksäs palvelutasomittareiden vertailumittaustapahtuma. Saadut tulokset osoittivat jälleen, että autojen säännöllinen vertailu on välttämätöntä. Vaikka autot ja miehistöt toimivatkin erittäin hyvin, on tämäntyyppinen vertailu lähes ainoa tapa löytää niitä pieniä, mutta varsin harmillisia ja negatiivista keskustelua aiheuttavia ongelmia.

Tutkimuksessa tehtyjen tilastollisten analyysien perusteella voidaan tehdä seuraavia päätelmiä:

Toistettavuus:

Kaikilla mittareilla mittausten toistettavuus on edelleen erinomainen.

Vertailtavuus:

Tasaisuuden mittauksissa ei ole ongelmia lukuunottamatta VTT:n jälkimmäistä mittausta, joka on jostain syystä epäonnistunut.

Häme-Vaasan -mittari erosi muista autoista selkeästi matalampaan ja Uusimaa-Turku -mittari syvempään uraan päin. Muut mittarit tuottavat keskenään vertailukelpoisia tuloksia.

Uusien päällysteiden laadunvalvonta:

Myös LAATU-ohjelmalla mitattaessa Häme-Vaasa antoi alhaisempia ja Uusimaa-Turku -mittari korkeampia uramittaustuloksia. mittausten toistettavuus on vähintäänkin hyvä paitsi megakarkeutta mitattaessa, jossa Lapin ja VTT:n mittarin toistettavuus on hyvä, muilla mittareilla korkeintaan tyydyttävä, Oulun mittarilla heikohko.

Lausunto autojen käytettävyydestä:

Vertailumittausten tulokset osoittavat, että Lapin, Oulun ja VTT:n mittarit mittaavat sekä uria että tasaisuutta samalla tavalla, joten niiden suhteen ei tarvita mitään ylimääräisiä toimenpiteitä.

Uudenmaan ja Turun sekä Hämeen ja Vaasan autot pitää testata VTT:llä. Testin jälkeen autoja pitää verrata sekä testireitillä, keskenään, että VTT:n auton kanssa. Tämän jälkeen VTT:n tulee vastata sertifikaatin antamisesta.

Suositus jatkotoimenpiteiksi:

Seuraavia käytännön toimenpiteitä suositellaan edelleen tehtäväksi:

1. Teknisiä muutoksia kohdanneet autot on aina testattava jonkun muun palvelutasomittarin kanssa korjausten vaikutuksen varmistamiseksi.
2. Omaehtoisen kalibroinnin ja testauksen olisi oltava tehokkaampaa. Näin löydetäisiin nopeammin mahdolliset tekniset virheet. Suotavinta olisi, että laitteiden toimivuus tarkastettaisiin jo ennen kevään vertailumittauksia.
3. Liikenne- ja tiestötietojen mittausvastaavat ovat kiinteämmässä yhteistyössä mittaushenkilöstön kanssa, jolloin tilannetiedot välittyvät helpommin.
4. Megakarkeuden ja alku-uran mittausta ja käytettävyyttä on tutkittava tarkemmin.

KIRJALLISUUSLUETTELO:

1. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1989. Julkaisematon raportti. Tiehallitus ja Statistical Computing Oy.
2. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1990. TIEL 3200008.
3. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1991. TIEL 3200008-1.
4. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1992. Julkaisematon raportti. Tiehallitus ja Statistical Computing Oy.
5. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1993. Julkaisematon raportti. Tielaitos/Tk ja Statistical Computing Oy.
6. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1994. Julkaisematon raportti. Tielaitos/Tk ja Inframan Oy.
7. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1995. Julkaisematon raportti. Tielaitos/Tk ja Inframan Oy.
8. Palvelutasomittareiden vertailumittaukset 1996. Julkaisematon raportti. Tielaitos/Tk ja Inframan Oy.
9. Tiestön kuntomittausten ja liikennelaskentojen tilauskäytäntö. Kirje 97/20/Hth-60. 169/97/20/TIEL/34. 5.3.1997.
10. Tiestö- ja liikennetietojen luotettavuuden arviointi. Kirje 97/20/Hti-32. 21.4.1997. Pekka Räty, Liikenne- ja tiestöpalvelujen laatumittarit. Väli raportti.

LIITTEET

1. Mittareiden laatusertifikaatit 1997.
2. PTM-autojen kalibrointitodistukset 1997 ja tutkimusselostus palvelutasomittareiden vuosihuollosta 1997.
3. Ura- ja tasaisuusmittareiden mittauseriaate.

LAATU- SERTIFIKAATTI

Myönnetään

Oulun piirin PTM-autolle & miehistölle

***Tämä laatusertifikaatti oikeuttaa ylläolevan miehistön &
PTM-auton tekemään tien palvelutason mittauksia
vuonna 1997***

**PTM-autojen kalibrointipäivät Valkeakoskella
14.-15.5.1997**

**Testitulosten suhteellinen poikkeama keskiarvosta:
URA -0,5 % ja IRI -1,1 %**

Helsingissä 24.6.1997

**Liikenne- ja tiestötiedot
Yksikön päällikön po:ssa**



dipl.ins.


Pertti Virtala

LAATU- SERTIFIKAATTI

Myönnetään

Lapin piirin PTM-autolle & miehistölle

*Tämä laatusertifikaatti oikeuttaa ylläolevan miehistön &
PTM-auton tekemään tien palvelutason mittauksia
vuonna 1997*

**PTM-autojen kalibrointipäivät Valkeakoskella
14.-15.5.1997**

**Testitulosten suhteellinen poikkeama keskiarvosta:
URA +2,6 % ja IRI -1,3 %**

Helsingissä 24.6.1997

**Liikenne- ja tiestötiedot
Yksikön päällikön po:ssa**

dipl.ins.



Pertti Virtala



LAATU- SERTIFIKAATTI

Myönnetään

VTT:n PTM-autolle & miehistölle

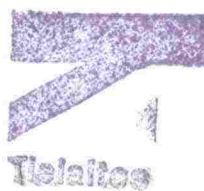
***Tämä laatusertifikaatti oikeuttaa ylläolevan miehistön &
PTM-auton tekemään tien palvelutason mittauksia
vuonna 1997***

**PTM-autojen kalibrointipäivät Valkeakoskella
14.-15.5.1997**

**Testitulosten suhteellinen poikkeama keskiarvosta:
URA -2,0 % ja IRI +0,7 %**

Helsingissä 24.6.1997

**Liikenne- ja tiestötiedot
Yksikön päällikön po:ssa**



dipl.ins.

Pertti Virtala

LAATU- SERTIFIKAATTI

Myönnetään

**Uudenmaan ja Hämeen PTM-autoille, KS-,
SK-, KaS- ja AL-Roadmastereille
ja L- ja Hti-Roadmaneille**

***Tämä laatusertifikaatti oikeuttaa ylläolevien miehistöjen &
laitteiden tekemään tien tasaisuusmittauksia
vuonna 1997***

**PTM-autojen kalibrointipäivät Valkeakoskella
14.-15.5.1997**

Testitulosten suhteellinen poikkeama keskiarvosta:

U +3,2%, H -1,4%,

KS -0,2 %, SK -1,6%, KaS +0,5 %, AL +3,0 %, L +2,6 % ja Hti +2,3 %

Helsingissä 24.6.1997

Liikenne- ja tiestötiedot

Yksikön päällikön po:ssa

dipl.ins.



Pertti Virtala



Tielaitos

Uudenmaan tiepiiri/Geotutkimukset

25.06.1997

Jakelun mukaan

PTM-AUTOJEN KALIBROINTITODISTUKSET 1997

Ohessa VTT:n tekemien kevättestausten tulokset ja ilmoitus vuosihuollon tekemisestä.

Yhteenvedon perusteella kaikki laitteet täyttivät staattisille testeille asetettavat vaatimukset.

Arto Kuskelin

JAKELU

MIMA-päälliköt
Pertti Virtala/HTi



Tilaaaja Tielaitos
Turuntie 20, 00370 Helsinki

Tilaus Piirien tilaukset Lappi 4.2.1997, Oulu 18.4.1997, Häme 3.4.1997, Turku
15.12.1996

Käsittelijä Antero Laajanen

Tehtävä Palvelutasomittareiden vuosihuolto ja testit 1997

Espoo 25.6.1997

Tutkimuspäällikkö


Heikki Jämsä

ATK-suunnittelija


Antero Laajanen

LIITTEET 2 kpl

JAKELU Tielaitos, Arto Kuskelin

TIEPIIRIEN PALVELUTASOMITTAREIDEN TALVIHUOLTO JA TESTIT 1997

Piirien mittausautoihin asennettiin talvihuollon yhteydessä uudet tietokone-laitteistot ja signaaliprosessorikortit. Laitteiden vaihdot ja ohjelmien siirrot teki VTT Automaatio ja testit suoritti VTT Yhdyskuntatekniikka. Huolto käsitti sovitut tarkistukset, asennukset ja kalibrointitoimenpiteet. Testeillä selvitettiin yksittäisten mittauslaitteiden toimivuus auton ollessa paikallaan.

1. URANSYVYYS- JA IRI- TESTIT 10.3.1997 - 26.3.1997**Ultraäänianturien palkkikalibrointi**

Ultraäänianturit kalibroitiin VTT:n palkilla ja uudet kalibroitivakiot talletettiin mittausohjelman käyttöön.

Vakiouratesti

Vakiouratestissä mittausohjelmalla ajetaan viisi kertaa 5 kilometrin tieosuus. Mittausohjelmalle annetaan nopeus pulssigeneraattorin avulla, auto ei testin aikana liiku. Ultraääniantureiden kalibroitipalkille tehdään korotuspaloilla vakiourat ja seurataan uran syvyyden vaihtelua. Ura-arvot olivat laitteilla 1 mm:n rajan sisällä. Testien tulosten yhteenvedot ovat urasyvyyden osalta liitteessä 1.

Sinilevytesti

Sinilevyllä mitataan Palvelutasomittarin lasermittarilla etäisyyttä pyörivään, halkaisijaltaan 30 cm:n levyyn työstetyn siniaallon pintaan. Auton mittausohjelmalla ajetaan pulssigeneraattorin avulla 5000 m:n tieosa ja seurataan IRI-arvoa. Tulosta verrataan teoreettisesti laskettuihin arvoihin kahdella aallonpituudella. Mittausohjelman antamien ja teoreettisesti laskettujen IRI-arvojen erotukset olivat pienet, yhteenveto tuloksista on liitteenä 2.

2. YHTEENVETO

Testien tarkoitus oli selvittää yksittäisten autojen mittalaitteiden toiminta ura- ja tasaisuusmittauksen osalta. Testit tehtiin autojen ollessa paikallaan. Kalibrointien ja autojen paikallaan ollessa tehtyjen testien perusteella voidaan todeta, että laitteet täyttivät staattisille testeille asetetut vaatimukset.

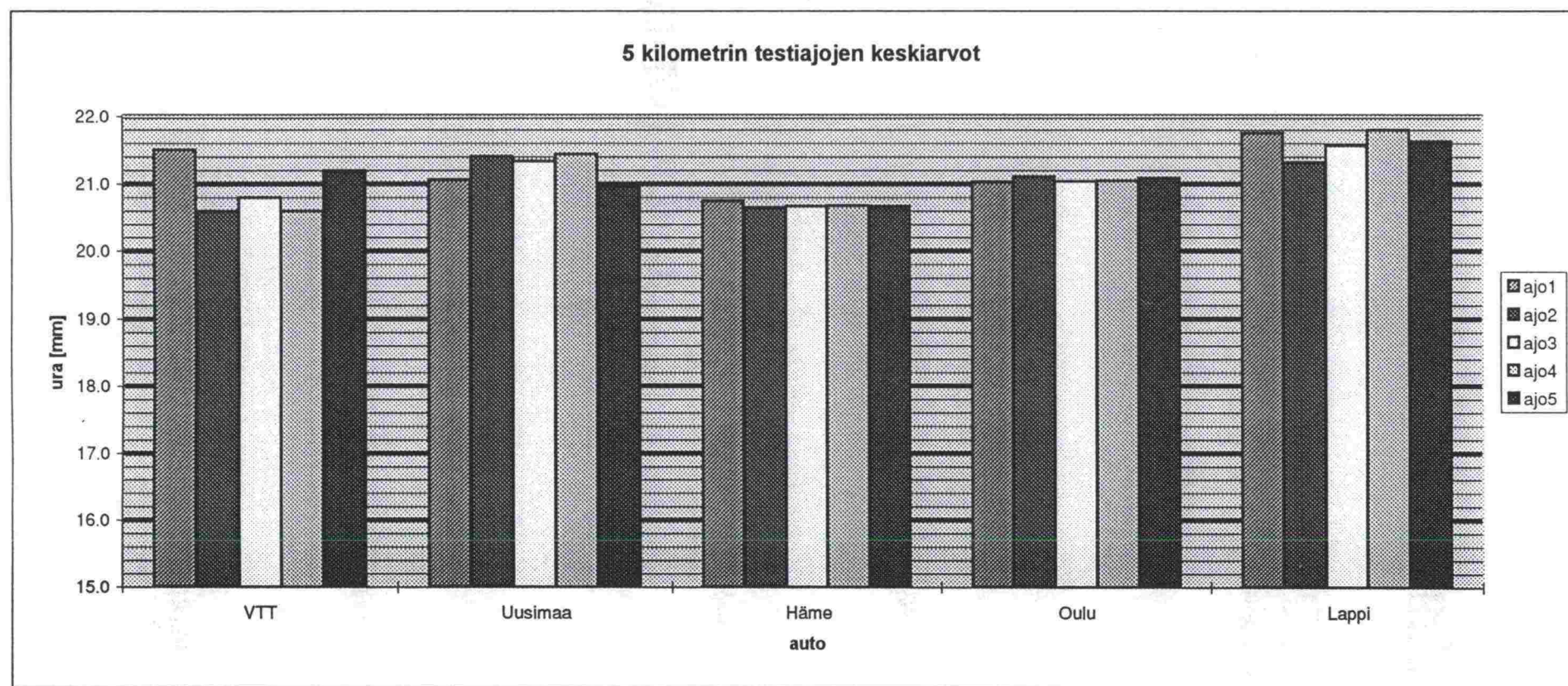
VTT:n kalibrointipalkilla keväällä 1997 tehdyt vakiouratestit PTM-autoille.

Testissä ultraääniantureiden kalibrointipalkille asetettiin 20 mm korotuspalat ja ajettiin mittausohjelmalla 5 kertaa viiden kilometrin matka.

Mittausohjelmalle annettiin nopeus pulssigeneraattorilla.

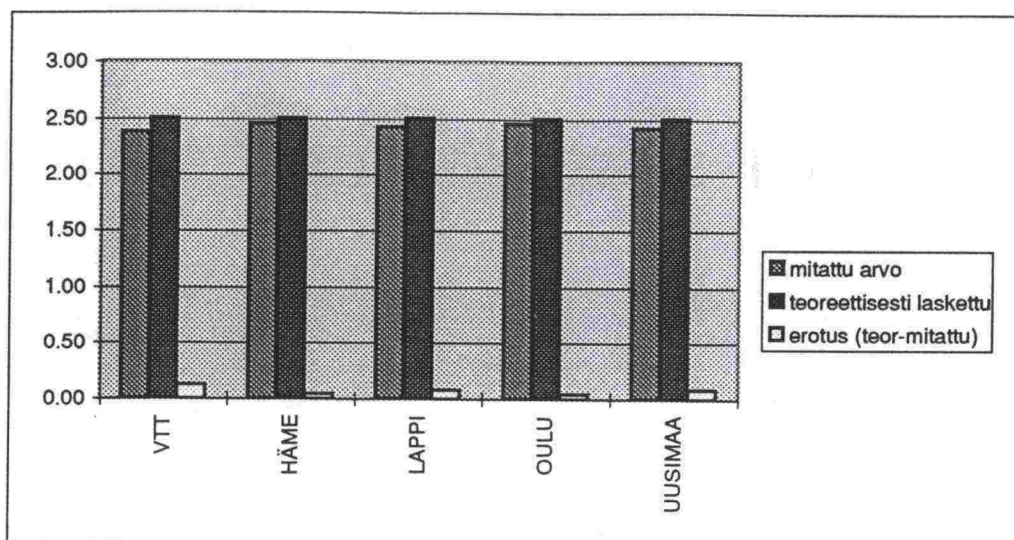
Testin tarkoitus oli tarkistaa ultraääniantureiden toiminta ja uralaskenta.

	ajo1	ajo2	ajo3	ajo4	ajo5
VTT	21.5	20.6	20.8	20.6	21.2
Uusimaa	21.1	21.4	21.3	21.4	21.0
Häme	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
Oulu	21.0	21.1	21.0	21.0	21.1
Lappi	21.8	21.3	21.6	21.8	21.6



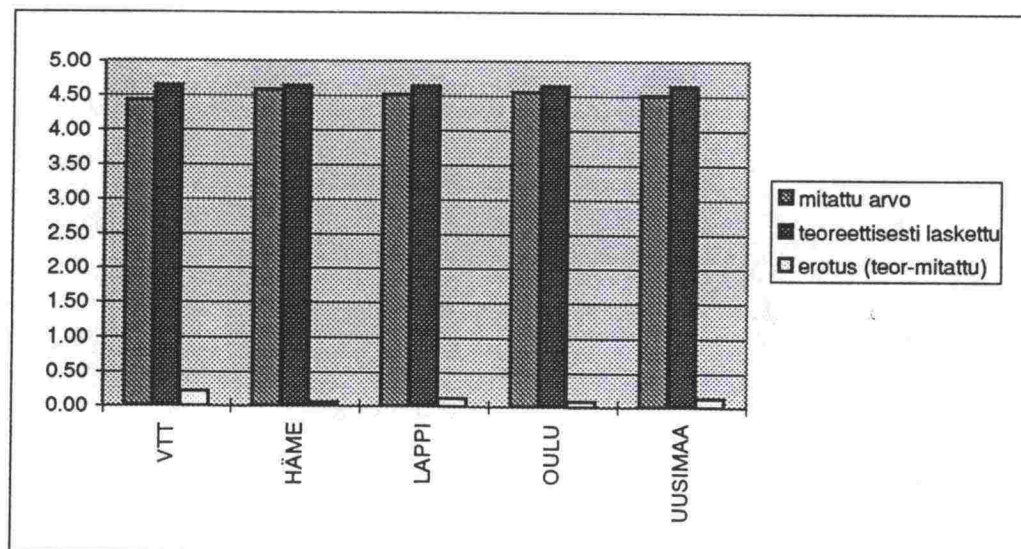
aallonpituus 10m

	VTT	HÄME	LAPPI	OULU	UUSIMAA
mitattu arvo	2.38	2.47	2.43	2.46	2.43
teoreettisesti laskettu	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
erotus (teor-mitattu)	0.13	0.04	0.08	0.05	0.08



aallonpituus 5 m

	VTT	HÄME	LAPPI	OULU	UUSIMAA
mitattu arvo	4.43	4.58	4.52	4.56	4.51
teoreettisesti laskettu	4.64	4.64	4.64	4.64	4.64
erotus (teor-mitattu)	0.21	0.06	0.12	0.08	0.13

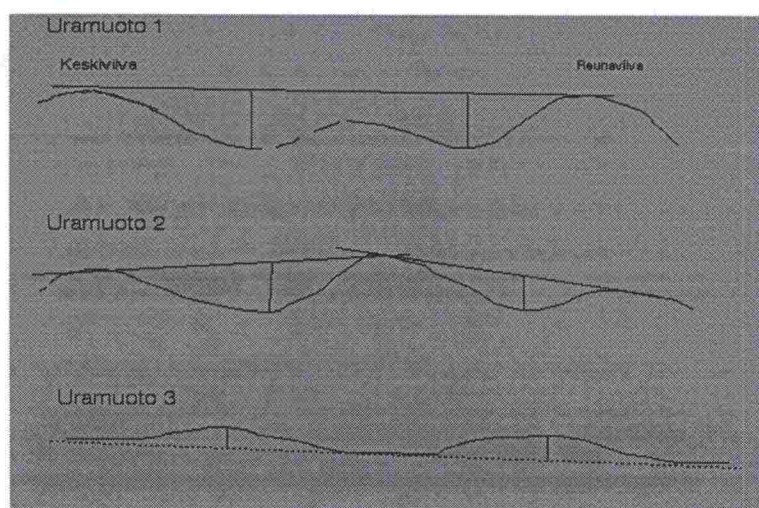


PTM-autojen uralaskennan pääperiaate

PTM-autot on tehty mittaamaan tien urasyvyyksiä ja tasaisuutta. Urasyvyyden mittaus tapahtuu ultraääneen perustuvilla antureilla, joita on asennettu 15 kpl auton eteen kiinnitettyyn palkkiin. Palkin leveyttä voidaan muuttaa ja mittausleveys voi olla 190 cm, 260 cm, 310 cm tai 340 cm.

PTM tuottaa pääsääntöisesti uratuloksen 100 m keskiarvotuloksena.

Mittaus tapahtuu siten, että kahden metrin välein luetaan kunkin ultraäänianturin arvot. Ura-arvon määrittäminen tapahtuu 10 m välein, joka on siis laskettu viiden kahden metrin välein otetun havainnon perusteella. Tässä 10 m määrittämisessä reuna- ja keskiurasyvyydet määritetään oikolautaperiaatetta käyttäen. Urat luokitellaan kuuluvaksi uramuotoon 1, jos urien välinen harjanne on ulommaisten anturien perusteella lasketun referenssitason alapuolella. Tällöin urasyvyydet määritetään suoraan määritettyyn tasoon verrattuna. Jos urien välinen harjanne on korkeammalla kuin ulommaisten anturien perusteella laskettu referenssitaso, luokitellaan urat kuuluvaksi uramuotoon 2. Tällöin määritetään uusi referenssitaso ulommaisten anturien ja korkeimman urien välisen harjanneanturin kautta ja urasyvyydet määritetään tähän uuteen, kaksiosaiseen tasoon nähden. Jos sekä reuna- että keskiuran kohdalla olevat anturit ovat ulommaisten anturien perusteella lasketun referenssitason yläpuolella ja samalla urien välinen harjanne on reuna- ja keskiurien tasoa alempana, on kyseessä uramuoto 3 eli urien kohdalla on kohoumat ja niiden välissä syväne. Tällöin sekä reuna- että keskiura ovat negatiivisia eli kyseessä on ns. urakorotus.



Kuva 1 PTM-autojen uramuodot

(2)

Tunnusluku uransyvyys lasketaan 100 m tuloksissa siten, että kutakin 10 m urahavaintoa edustaa syvempi määritetyistä reuna- ja keskiuransyvyyksistä ja näistä lasketaan kussakin uratyypissä keskiarvo. **Tunnusluku maksimiuransyvyys** on 100 m tuloksissa kussakin uratyypissä suurin 10 m urahavainnoissa todettu uransyvyys.

Tulostusohjelmat laskevat edellä mainittujen tunnuslukujen lisäksi tieosakohtaisen keskiarvon, joka on laskettu suoraan 100 m tunnuslukujen perusteella. Maksimiuransyvyys kuvaa tien pituussuuntaista homogeenisuutta, kun sitä vertaa saman osuuden uransyvyYTEEN. Mitä pienempi on näiden lukujen välinen ero, sitä homogeenisempi tieosa on uransyvyydellä määritettynä.